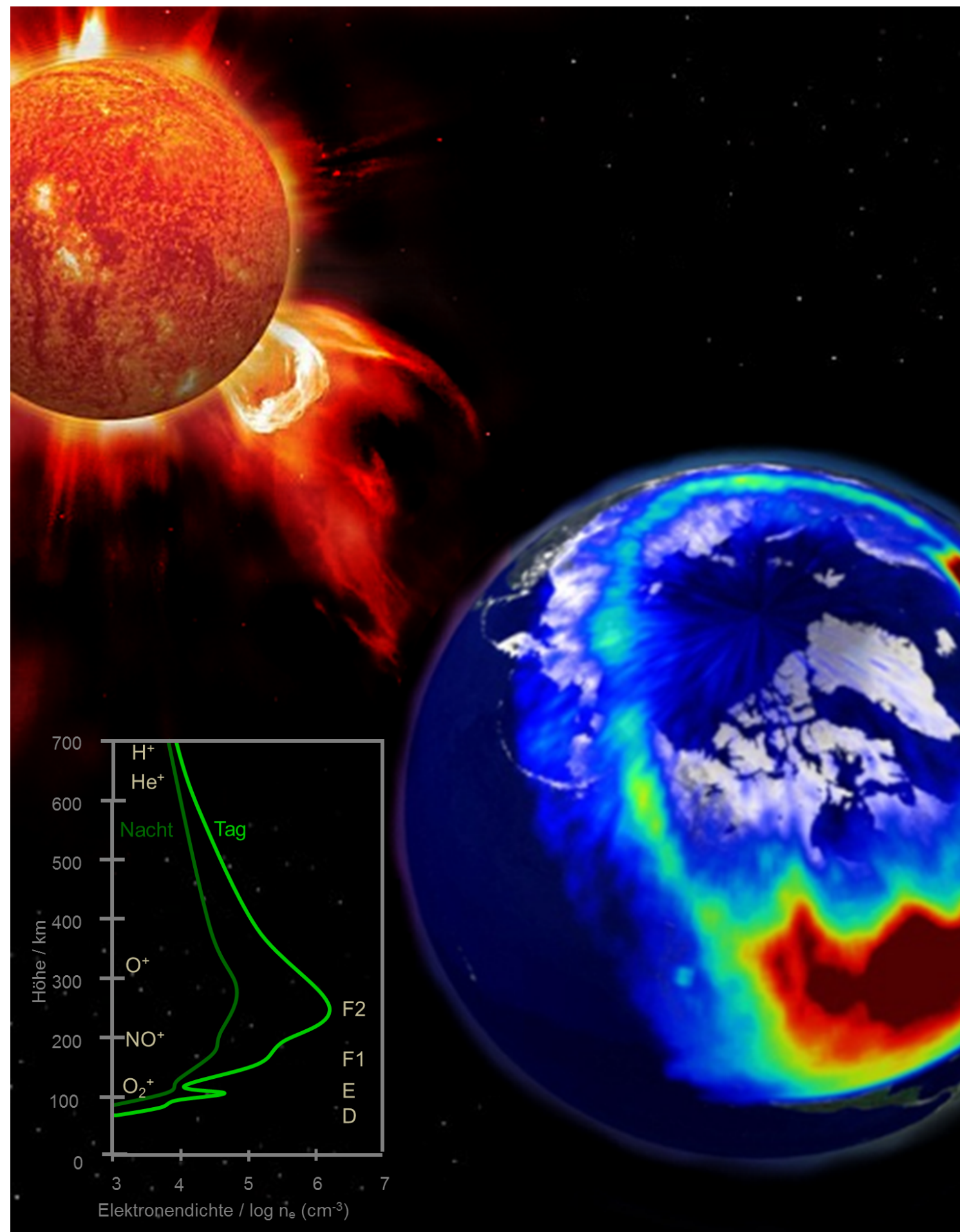


## Das Schülerprojekt SOFIE Solar Flares detektiert über Ionosphärische Effekte

Wenzel, Daniela<sup>1</sup>, Jakowski, Norbert<sup>1</sup>, Andree, Wolfgang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Kommunikation und Navigation, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

<sup>2</sup>DLR Project Lab Neustrelitz, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Germany

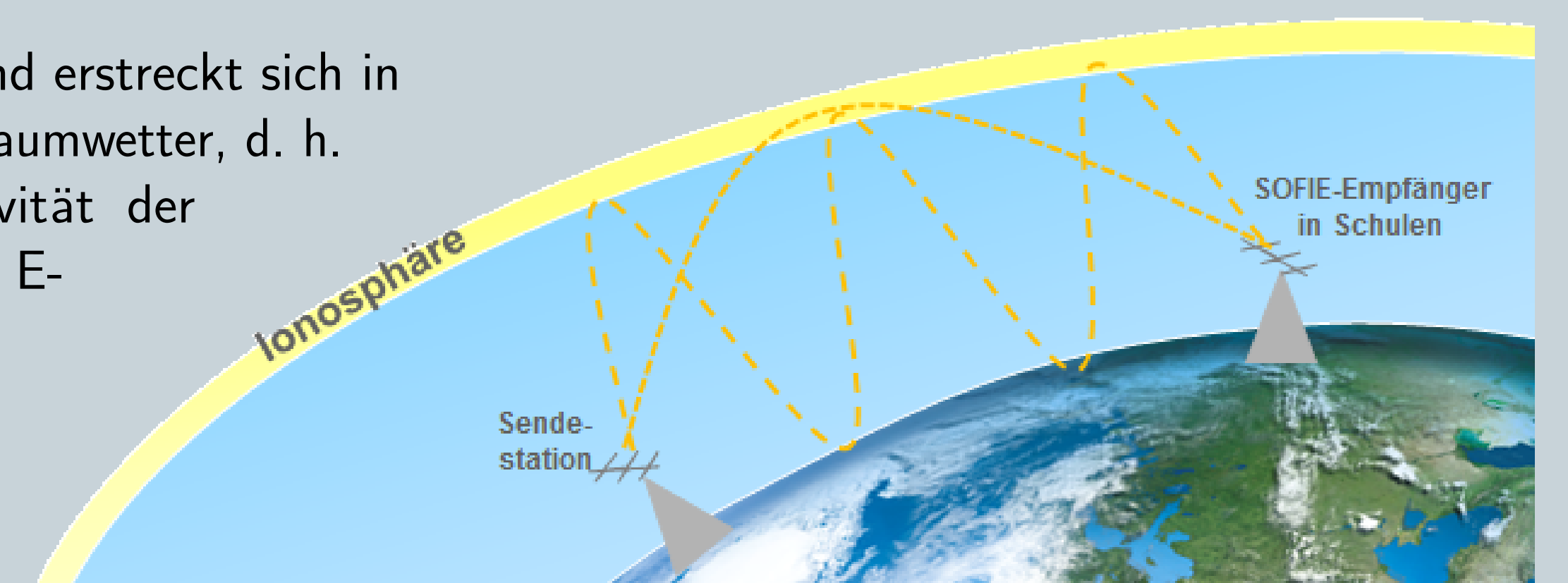


### Ziele und Hintergründe

SOFIE ist ein Projekt des DLR Project Lab Neustrelitz, welches Schülern die Möglichkeit bietet, sich aktiv mit dem Thema Weltraumwetter und Ionosphärenforschung auseinanderzusetzen. Ziel ist die Detektion von Strahlungsausbrüchen auf der Sonne (Solar Flares), welche über ein bodengestütztes System indirekt erfasst werden können. Solar Flares haben verschiedene Störungen zur Folge, u.A. haben sie einen großen Einfluss auf die Satellitenkommunikation und -navigation. Aufgrund der kurzzeitig erhöhten Röntgen- und UV-Strahlung, die während eines Flares emittiert wird, kommt es zu einem plötzlichen Anstieg der Elektronendichte der Ionosphäre (insbesondere der unteren Schichten). Dadurch werden auch die Ausbreitungsbedingungen für Funkwellen in diesem Zeitraum verändert. Diese vermeintliche Störung nutzen wir zu einer echtzeitnahen Erfassung mittels Funkwellenempfänger.

### Die Ionosphäre als Vermittler

Die Ionosphäre stellt den ionisierten Teil der Erdatmosphäre dar und erstreckt sich in einer Höhe von 60 bis 1000 km. Ihr Zustand ist abhängig vom Weltraumwetter, d. h. von der kosmischen Strahlung und insbesondere von der Aktivität der Sonne. Die Ionosphäre gliedert sich in mehrere Schichten (D-, E- und F-Schicht), deren Ausprägung mit der Tages- bzw. Nachtzeit variiert. Dank der elektrischen Leitfähigkeit können Radiowellen bis zu einer Frequenz von ca. 30 MHz reflektiert werden. Bei Frequenzen unterhalb 30 kHz sind die Wellenlängen so groß, dass das System als Wellenleiter fungiert.



### Der Funkwellenempfänger

Anfang 2012 wurde am DLR Project Lab Neustrelitz in Zusammenarbeit mit der Ausbildungswerkstatt der Luftwaffe Neubrandenburg - Trollenhagen (Fachrichtung Elektronik) ein spezieller Längswellenempfänger für die Aufzeichnung Solarer Flares entwickelt. Durch dessen Ausbau von Entwicklungsingenieur Lutz Heinrich entstand der Empfänger SOFIE RX, der auf verschiedene Frequenzen eingestellt werden kann. Die folgende Tabelle zeigt die bisher genutzten Sendesignale.

Frequenz	Sender	Ort	Kennung
22,1 kHz	Skelton	Großbritannien	GQD
23,4 kHz	Rauderfehn	Deutschland	DHO38
24,0 kHz	Cutler	USA (Maine)	NAA

Der SOFIE RX (Bild rechts) registriert die Signalstärke der Funkwellen, die von dem jeweiligen leistungsstarken Sender abgestrahlt werden. Dabei werden zunächst die hochfrequenten Signale über eine Rahmenantenne aufgenommen und von einem Vorverstärker aufbereitet. Die Verwendung eines schmalbandigen Filters ermöglicht es, das Signal eines bestimmten Längswellensenders (3-30 kHz) zu extrahieren. Da die Empfänger in den beteiligten Schulen auf verschiedene Frequenzen abgeglichen sind, können Flares von einzelnen Signalstörungen unterschieden und eindeutig bestimmt werden. Solare Strahlungsausbrüche sind als plötzliche Änderungen der Signalstärke nahezu zeitgleich auf den Messkurven in verschiedenen Frequenzen zu erkennen.



### Die Empfangsantenne

Die Erfassung der Signalstärke von Funkwellen wird über eine Rahmenantenne realisiert. Dabei ist die Qualität der Messergebnisse von der Größe des verwendeten Rahmens abhängig. Eine Antenne mit großem Durchmesser (> 1 m) und wenigen Drahtwindungen liefert bessere Ergebnisse als eine mit kleinem Durchmesser und vielen Drahtwindungen. Die Antenne des DLR Project Lab (Bild links) besitzt einen fünfeckigen Rahmen mit einer Kantenlänge von 1 m und hat 75 Windungen aus einem 1,5 mm<sup>2</sup> starken Kupferdraht.

Das Projekt SOFIE bietet teilnehmenden Schülern die Möglichkeit zum eigenständigen Aufbau der Empfangsstation und Antenne, sowie einen Einstieg in Wissenschaft und Forschung.

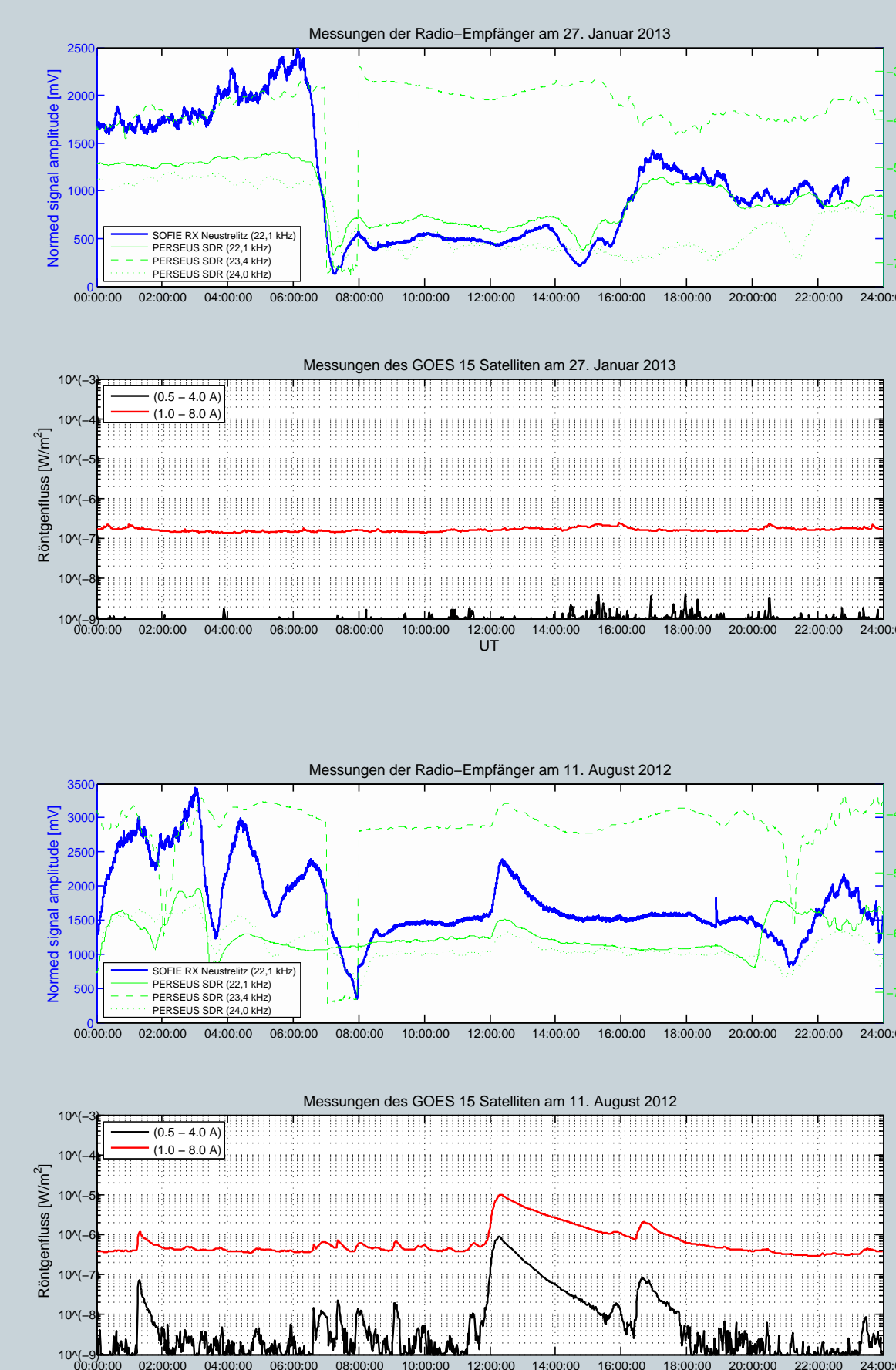
### SOFIE RX vs. PERSEUS SDR

Der SOFIE RX erfasst die Signalstärke eines speziellen, voreingestellten, leistungsstarken Senders. Für eine zuverlässige Bestimmung von Solar Flares sind mehrere Stationen notwendig um Mess- und Gerätefehler ausschließen zu können. Das DLR Neustrelitz verfügt mit Unterstützung des EFR (Europäische Funk-Rundsteuerung) außerdem über ein professionelles Empfangssystem - den Perseus SDR - der die simultane Aufzeichnung mehrerer Sendesignale ermöglicht.

Die Strahlungsausbrüche werden hinsichtlich ihrer Intensität wie folgt unterteilt.

Klasse	Röntgenflussdichte $Wm^{-2}$
B	$10^{-7} \leq \phi < 10^{-6}$
C	$10^{-6} \leq \phi < 10^{-5}$
M	$10^{-5} \leq \phi < 10^{-4}$
X	$10^{-4} \leq \phi$

Mit dem SOFIE RX konnten bisher Flares ab einer Kategorie von C nachgewiesen werden. Die wissenschaftlichen Empfänger des Instituts besitzen ebenfalls diese Genauigkeit, konnten jedoch aufgrund ihrer zusätzlichen Phasenmessungen auch Flares niedrigerer Klasse aufzeigen. Die Gegenüberstellung verschiedener Messungen des SOFIE RX und des PERSEUS SDR zeigt für das Auftreten eines Flares in allen Messreihen eindeutig eine plötzliche Änderung in der Signalstärke. Mehrere SOFIE-Empfänger auf verschiedenen Frequenzen bilden somit eine vergleichbares System zur Bestimmung von Solar Flares nach.



### Effekte des Weltraumwetters

Das Weltraumwetter hat einen Einfluss auf den Menschen und seine technologischen Entwicklungen. Insbesondere in einer modernen und technologisch-wachsenden Gesellschaft ist es wesentlich, dessen Ursachen und Folgen zu verstehen.

- ▶ Störung / Beschädigung von Telekommunikations- und Navigationssystemen
- ▶ Einflüsse auf die Signalausbreitung von GNSS- und Handysignalen
- ▶ Erhöhte Strahlungsexposition in Raumstationen und Flugzeugen
- ▶ Störung/Ausfall von Strom-versorgungssystemen möglich (durch Induktion von Spannungen)
- ▶ Korrosion von Pipelines
- ▶ Gewittertätigkeit nimmt bei hoher Sonnenaktivität zu

